

Rec' CT/PTO 10 JAN 2005

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-229579  
 (43)Date of publication of application : 22.08.2000

(51)Int.CI. B62D 6/00  
 // B62D113:00

(21)Application number : 2000-032582 (71)Applicant : ROBERT BOSCH GMBH  
 (22)Date of filing : 10.02.2000 (72)Inventor : KAY WEBER  
 MUENZ RAINER

## (30)Priority

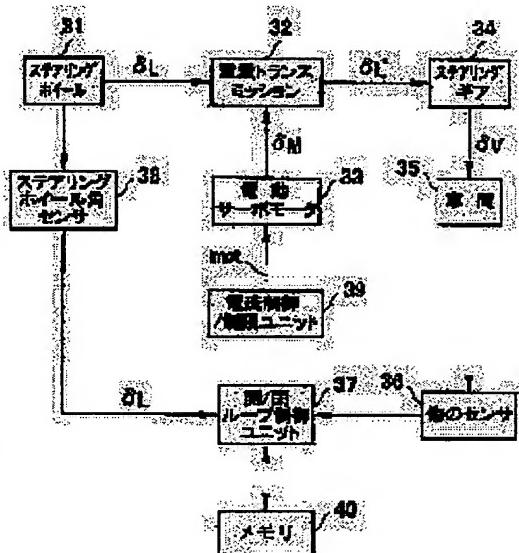
Priority number : 99 19905433 Priority date : 10.02.1999 Priority country : DE

## (54) REDUCTION METHOD OF STEERING REACTION FORCE OF VEHICLE WITH ACTIVE STEERING SYSTEM AND ACTIVE STEERING SYSTEM THEREFOR

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To properly restrain a steering reaction force so as to improve a steering feeling in an active steering system with a superposition transmission by increasingly or decreasingly controlling an operation torque strength according to a jumped up value of an additional steering angle by an electric servo motor when it occurs.

**SOLUTION:** A steering wheel angle  $\delta L$  of a steering mechanism steered by a steering wheel 31 of a vehicle 35 is detected by a steering wheel angle sensor 38, and the detection value is inputted to an open-close loop control unit 37. An additional steering angle  $\delta M$  by an electric servo motor 33 is superposed on the angle  $\delta L$  at a transmission 32, and the superposed angle  $\delta L'$  is fed to a steering gear box 34. At this time, when a jump occurs in a target value of the angle  $\delta M$ , such control is made that the steering torque strength is reduced if there is no dangerous condition in the running dynamic aspect, while it is increased if there is a dangerous condition.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

\* NOTICES \*

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**CLAIMS**

[Claim(s)]

[Claim 1] In the car which has the active steering system on which superposition transmission superimposes an addition steering angle by actuation of an electric servo motor to the steering wheel angle which an operator sets as a steering wheel. The 1st recognition process which recognizes whether the leap occurred in the desired value of said addition steering angle, The 2nd recognition process which recognizes whether a situation with it exists, [ dangerous on a transit dynamics target when it has been recognized at said 1st recognition process that the leap occurred in the desired value of said addition steering angle ] The control process controlled to reduce the actuation torque reinforcement transmitted to said superposition transmission from said electric servo motor in the situation which is not dangerous on said transit dynamics target, and to increase it in a situation dangerous on said transit dynamics target according to the result of said 2nd recognition process. The reduction approach of the steering reaction force of the car characterized by having.

[Claim 2] Said torque control of said electric servo motor is the reduction approach of the steering reaction force of the car according to claim 1 characterized by performing by restricting the motor current reinforcement supplied to said electric servo motor.

[Claim 3] It is the reduction approach of the steering reaction force of the car according to claim 1 which said 2nd recognition process has the discernment process which identifies a situation dangerous on the transit dynamics target with which plurality differs, and is characterized by said control process increasing said motor current reinforcement graduated according to the danger of the transit situation identified at said discernment process.

[Claim 4] As opposed to the steering wheel angle which an operator adjusts according to a car situation or a perimeter situation. It is the active steering system which has the open loop control / closed-loop-control unit with which an electric servo motor and superposition transmission superimpose an addition steering angle according to the parameter defined. Said open loop control / closed-loop-control unit current control / limit unit Have and said current control / limit unit with the signal supplied from other control units in the sensor in a car, and/or a car. The active steering system characterized by carrying out the adjustable limit of the motor current reinforcement supplied to said electric servo motor according to the danger of the transit situation which said open loop control / closed-loop-control unit computed.

[Claim 5] It is the active steering system according to claim 4 which has a means recognize whether a situation dangerous on a transit dynamics target exists when it has been recognized that have recognized whether the leap generated said open loop control / closed-loop-control unit in said desired value of said addition steering angle, and the leap occurred in said desired value of said addition steering angle, and is characterized by for said means to have a car model and/or a perimeter model.

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**DETAILED DESCRIPTION**

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the reduction approach of the steering reaction force of a car of having the active steering system to which superposition transmission superimposes an addition steering angle on a detail by actuation of an electric servo motor to the steering wheel angle which an operator sets as a steering wheel further, and the active steering system for it, about the reduction approach of the steering wheel reaction force of a car of having an active steering system, and the active steering system for it.

[0002]

[Description of the Prior Art] the active steering system in the former -- the [ German disclosure official report ] -- from DE-OS No. 4031316, it is known and is roughly shown in drawing 3 of an accompanying drawing. In this active steering system, steering wheel angle deltaL which an operator adjusts through a steering wheel 21 is impressed to the input of the superposition transmission 22. Furthermore, based on the signal about a transit situation and a perimeter situation, an open loop control / closed-loop-control unit 37 computes addition steering angle deltaM, and supplies the actuation current which \*\*\*'s to the electric servo motor 23.

[0003] Addition steering angle deltaM is impressed to other inputs of the superposition transmission 22. Since superposition steering angle deltaL' to the steering wheels 25a and 25b occurs, this superposition steering angle can be changed to the output side of the superposition transmission 22 regardless of steering wheel angle deltaL adjusted with a steering wheel.

[0004] Superposition steering angle deltaL' is changed into motion of the \*\*\*'ing steering shaft 26 in the steering gearbox 24. According to the equipment of a graphic display, the various functions to improve transit dynamics, transit safety, and a car property are realizable. However, power assistant functions, such as a servo steering, cannot be attained by the above-mentioned approach. That is, steering wheel angle deltaL which an operator sets up does not change, but a steering wheel is maintained in the location.

[0005] In the superposition transmission 22, a free rotational frequency or a free rate is added to a mechanical output with the revolution torque ratio or power ratio of immobilization. The torque outputted from this electric servo motor must be transmitted in the direction of the steering gearbox 24 by supporting a steering wheel 21.

[0006] When this torque is not supported at all with a steering wheel 21, or when only a part is supported, a steering wheel 21 starts rotation, without Wheels 25a and 25b rotating. Therefore, an operator cannot lift a hand from a steering wheel 21 during the break in of the electric servo motor 23.

[0007] The motor torque which gives reaction force to the steering wheel 21 which an operator supports follows the acceleration of the electric servo motor 23, or existing mass inertia. If the torque supported becomes the magnitude more than predetermined, it will be sensed by the operator and an operator will memorize sense of incongruity to car transit. Don't make it get worse by the conventional steering system by using the electronic steering system which has superposition transmission for an operator's

very good steering sensation.

[0008] Therefore, in order to amend a transit situation dangerous on a transit dynamics target, when an electronic steering system operates, it is required to generate required addition steering angle deltaM for a short time. For this reason, the electric servo motor made to generate an addition steering angle must be quickly rotated at a high rotational frequency. Weighting of this motor rotational frequency nmot is carried out by the time quadrature of the motor torque mmot, and the mass inertia J, and it is computed by the following formulas.

[0009]

[Equation 1]

$$nmot = \frac{1}{2\pi * J} * \int mmot dt$$

[0010] By the top formula, in order that the electric servo motor 23 may reach a quickly high rotational frequency, it is shown that high torque must be generated in the given inertial mass J. Thus, although it becomes possible to carry out sudden acceleration of the motor by high motor torque, since this high motor torque generates the above-mentioned steering reaction force and has an adverse effect to an operator's transit sensation, generating of such high motor torque must be avoided especially in the situation which is not needed. However, a motor dimension must be designed so that high torque may be acquired on the other hand at the time of the need.

[0011] Next, the response characteristic of the motor to the leap of addition steering angle deltaM is explained based on drawing 4. Drawing 4 is the graphical representation showing the simulation result showing the response characteristic of the motor to the leap (namely, leap of addition steering angle deltaM) of a control input. In addition, the simulation result of a graphic display is based on the closed-loop-control circuit which carries out PD control.

[0012] In drawing 4, Sign A shows the time shift of a control input (namely, target angle) (whenever [ LR ]). Sign B shows the time shift of a actual angle (whenever [ LR ]). Sign C shows the time shift of a motor rotational frequency (l/s). Sign D shows time amount transition of motor torque which acts on a steering shaft (Nm).

[0013] As shown in drawing 4, the actual angle (curve B) of an electric servo motor reaches the desired value shown in Curve A after about 200ms. At this time, as shown in Curve C, a motor reaches maximum engine speed. On the other hand, the torque which an electric servo motor brings to a steering shaft reaches peak value higher than 50Nm, as shown in Curve D. This high torque peak is clearly sensed by the operator, and memorizes sense of incongruity during car transit.

[0014] Next, based on drawing 5, the inclination limit approach of a general target angular velocity in the former is explained. Drawing 5 is the graphical representation showing the response characteristic of the motor to the control-input leap which carried out the inclination limit of the target angular velocity at 4.35 rad/s.

[0015] As shown in drawing 5, a control input "desired value of addition steering angle deltaM" goes up in the shape of ramp type by restricting the inclination of target angular velocity. Thus, by restricting the inclination of target angular velocity shows that motor torque is reduced substantially as compared with drawing 4 (curve D).

[0016]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, as shown in drawing 5, it takes about 400ms for a motor to reach desired value to the approach of restricting the inclination of the conventional target angular velocity, without reaching maximum engine speed (curve C) (curve B). Thus, by the conventional approach, there is a problem that desired value cannot be promptly reached by the motor.

[0017] Therefore, in the active steering system which has superposition transmission, while the technical problem of this invention avoids the steering reaction force resulting from the torque which an electric servo motor generates or is made to reduce it to a tolerance limit, it is in the thing which can maintain

the high operating speed of a motor and for which the reduction approach of new and the steering reaction force of the improved car and the active steering system for it are offered.

[0018]

[Means for Solving the Problem] As opposed to the steering wheel angle which an operator sets as a steering wheel like invention according to claim 1 in order to solve the above-mentioned technical problem by actuation of an electric servo motor In the car which has the active steering system by which superposition transmission superimposes an addition steering angle The 1st recognition process which recognizes whether the leap occurred in the desired value of said addition steering angle, The 2nd recognition process which recognizes whether a situation with it exists, [ dangerous on a transit dynamics target when it has been recognized at said 1st recognition process that the leap occurred in the desired value of said addition steering angle ] The control process controlled to reduce the actuation torque reinforcement transmitted to said superposition transmission from said electric servo motor in the situation which is not dangerous on said transit dynamics target, and to increase it in a situation dangerous on said transit dynamics target according to the result of said 2nd recognition process The reduction approach of the steering reaction force of the car characterized by having is offered.

[0019] By invention given in this paragraph, in the situation which is not dangerous on a transit dynamics target, since an electric servo motor intervenes without carrying out sudden acceleration extremely, motor torque can be reduced to extent which an operator does not sense. On the other hand, it is in the condition which maintained the high operating speed of the motor which is needed in a dangerous situation, and the generating torque of an electric servo motor can be restricted to extent which an operator does not sense. Thus, the torque transmitted to a steering shaft can be restricted to adjustable according to a situation. Consequently, an operator can also secure the safety of car transit with good car transit sensation.

[0020] Moreover, if it constitutes so that it may perform by restricting the motor current reinforcement by which said torque control of said electric servo motor is supplied to an electric servo motor like invention according to claim 2, since the torque generated in proportion to motor current reinforcement will be restricted to the value beforehand set up in motor current strength, not exceeding the torque which needs an electric servo motor is guaranteed.

[0021] Like invention according to claim 3, moreover, said 2nd recognition process It has the discernment process which identifies a situation dangerous on the transit dynamics target with which plurality differs. Said control process If it constitutes so that motor current reinforcement may be increased graduated in proportion to the danger of the transit situation identified at said discernment process for example, when a handle is taken, or when the danger of the transit situations in the case (mu-split braking) of braking with the friction value from which a right-and-left wheel differs etc. is higher Since high torque can be generated graduated according to danger, the safety of car transit can be secured further.

[0022] In order to solve the above-mentioned technical problem, moreover, like invention according to claim 4 As opposed to the steering wheel angle which an operator adjusts according to a car situation or a perimeter situation It is the active steering system which has the open loop control / closed-loop-control unit with which an electric servo motor and superposition transmission superimpose an addition steering angle according to the parameter defined. Said open loop control / closed-loop-control unit current control / limit unit Have and said current control / limit unit with the signal supplied from other control units in the sensor in a car, and/or a car The active steering system characterized by carrying out the adjustable limit of the motor current reinforcement supplied to said electric servo motor according to the danger of the transit situation which said open loop control / closed-loop-control unit computed is offered.

[0023] By invention given in this paragraph, in the situation which is not dangerous on a transit dynamics target, since an electric servo motor intervenes without carrying out sudden acceleration extremely, motor torque can be reduced to extent which an operator does not sense. On the other hand, it is in the condition which maintained the high operating speed of the motor which is needed in a dangerous situation, and the generating torque of an electric servo motor can be restricted to extent

which an operator does not sense. Thus, the torque transmitted to a steering shaft can be restricted to adjustable according to a situation. Consequently, an operator can also secure the safety of car transit with good car transit sensation.

[0024] Like invention according to claim 5, moreover, said open loop control / closed-loop-control unit Whether the leap occurred in said desired value of said addition steering angle It has a means to recognize whether a situation dangerous on a transit dynamics target when it has been recognized that have recognized and the leap occurred in said desired value of said addition steering angle exists. Said means If it constitutes so that it may have a car model and/or a perimeter model, in case the 2nd recognition process will be performed especially, it can perform using a car model and/or a perimeter model.

[0025]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of suitable operation of this invention is explained to a detail, referring to an accompanying drawing. In addition, in the following explanation and an accompanying drawing, duplication explanation is omitted by \*\*\*\*\* which attaches the same sign about the component which has the same function and the same configuration.

[0026] (Gestalt of the 1st operation) The gestalt of the 1st operation is explained hereafter, referring to drawing 1. Drawing 1 is the functional-block circuit diagram of the active steering system concerning this operation gestalt.

[0027] As shown in drawing 1, it is set up by the steering wheel 31 of a car 35, and steering wheel angle deltaL which acts on the input side of the superposition transmission 32 through a steering wheel shaft (not shown) is detected by the steering wheel angle sensor 38 connected to a steering wheel shaft, and is supplied to the input side of an open loop control / closed-loop-control unit 37. Steering angle deltaL' on which it was superimposed is outputted to the output side of the superposition transmission 32, and the steering gearbox 34 is supplied.

[0028] Other sensors 36 installed in a car detect actual steering angle deltaV, the travel speed, or other car situations and perimeter situations of a front wheel which the steering gearbox 34 generates, and supply them to the input of an open loop control / closed-loop-control unit 37 similarly.

[0029] This open loop control / closed-loop-control unit 37 have current control / limit unit 39 which controls the motor current reinforcement imot supplied to the electric servo motor 33 to adjustable (embracing especially the danger of a transit situation). The danger of this transit situation is computed using the car model and/or perimeter model which are stored in memory 40 if needed [ the signal and if needed ] which an open loop control / closed-loop-control unit 37 supplies. Therefore, an open loop control / closed-loop-control unit 37 has a means to reduce the steering reaction force of the car transmitted by the electric servo motor, when a control input is fast.

[0030] The above-mentioned means which an open loop control / closed-loop-control unit 37 has performs the 1st recognition process which recognizes first whether the desired value of addition steering angle deltaM or the leap of a control input occurred. Subsequently, it recognizes whether a situation dangerous with the 2nd recognition process on a transit dynamics target when it has been recognized that the leap of the desired value of an addition steering angle occurred as a result of the 1st recognition process exists.

[0031] An open loop control / closed-loop-control unit 37 supplies a signal to current control / limit unit 39, and the limit according to a transit situation is performed by this signal. According to the result of the 2nd recognition process, the actuation torque reinforcement transmitted to the superposition transmission 32 from the electric servo motor 33 is reduced, and is controlled by the situation which does not have risk to a transit dynamics target to make it increase in a situation dangerous on a transit dynamics target.

[0032] The car model and/or perimeter model which are used in case the 2nd recognition process is performed are storables in the memory 40 attached to the open loop control / closed-loop-control unit 37.

[0033] As mentioned above, control of the motor torque mmot is performed by controlling the current reinforcement supplied to an electric servo motor. In addition, as for an open loop control / closed-loop-control unit 37, it is desirable at this time to identify a situation dangerous on the transit dynamics target

with which plurality differs, and to form motor current reinforcement according to the danger of a transit situation, so that it may increase graduated.

[0034] The motor torque at the time of an electric servo motor intervening by the approach concerning this operation gestalt in the situation which does not have risk to a transit dynamics target is reduced to extent which is not sensed by the operator. In the situation which does not have risk to a transit dynamics target, since the active steering system by which this has superposition transmission does not have to carry out sudden acceleration of the motor extremely, it can fully respond also with the reduced motor torque.

[0035] On the other hand, higher motor torque is permitted in a situation dangerous on a transit dynamics target. The motor torque permitted goes up graduated with buildup of the danger of a situation. For example, in the dangerous situations in the case (mu-split braking) of braking with the friction value from which a right-and-left wheel differs, when a handle is taken etc., it is restricted so that the torque which an electric servo motor generates may not be sensed by the operator, where the high operating speed of a required motor is maintained.

[0036] The torque  $mmot$  which an electric servo motor generates is proportional to the motor current reinforcement  $imot$ , as shown in a degree type.  
 $mmot = k \cdot imot$ , in addition  $k$  are constants.

[0037] Not exceeding the torque which needs an electric servo motor is guaranteed by restricting motor current reinforcement to the value set up beforehand so that clearly from a top type. A limit of a motor current is realizable with suitable means, such as current control / limit unit which has an adjustable desired value limit.

[0038] Next, the response characteristic of a motor is explained based on drawing 2. Drawing 2 shows the motor response characteristic over the leap of the control input concerning this operation gestalt like drawing 4 and drawing 5 which were shown with the conventional technique.

[0039] In drawing 2, Curve A shows the time shift of a target angle (whenever [ LR ]). Curve B shows the time shift of a actual angle (whenever [ LR ]). Curve C shows the time shift of a motor rotational frequency (l/s). Curve D shows the time shift of the motor torque transmitted to a steering shaft (Nm).

[0040] As shown in drawing 2, motor torque on either side is respectively restricted to 25Nm (curve D). The steering reaction force accompanying the torque and it which are transmitted to this steering shaft is reduced to abbreviation one half extent as compared with the steering reaction force (the curve D in drawing 4) of the conventional electric servo motor.

[0041] Furthermore, the actual angle (curve B) of a motor reaches desired value (curve A) after 220ms of abbreviation. Time of concentration until this electric servo motor reaches desired value is quick to abbreviation same extent as compared with the case (the curve B in drawing 4) of the electric servo motor which does not restrict target angular velocity. On the other hand, as compared with the time of concentration (the curve B in drawing 5) at the time of restricting the conventional target angular velocity by 4.35 rad/s, it is shortened to abbreviation one half extent.

[0042] As mentioned above, although the gestalt of the suitable operation concerning this invention was explained, this invention is not limited to this configuration. If it is this contractor, various kinds of examples of correction and examples of modification can be assumed within the limits of the technical thought indicated by the claim, and it will be understood as what is included also about those examples of correction, and the example of modification by the technical range of this invention.

[0043]

[Effect of the Invention] In the situation which is not dangerous on a transit dynamics target, since an electric servo motor intervenes without carrying out sudden acceleration extremely, motor torque can be reduced to extent which is not sensed by the operator. Thus, the torque transmitted to a steering shaft can be restricted to adjustable according to a situation. Consequently, an operator can secure the safety of car transit, where good car transit sensation is acquired.

[Translation done.]

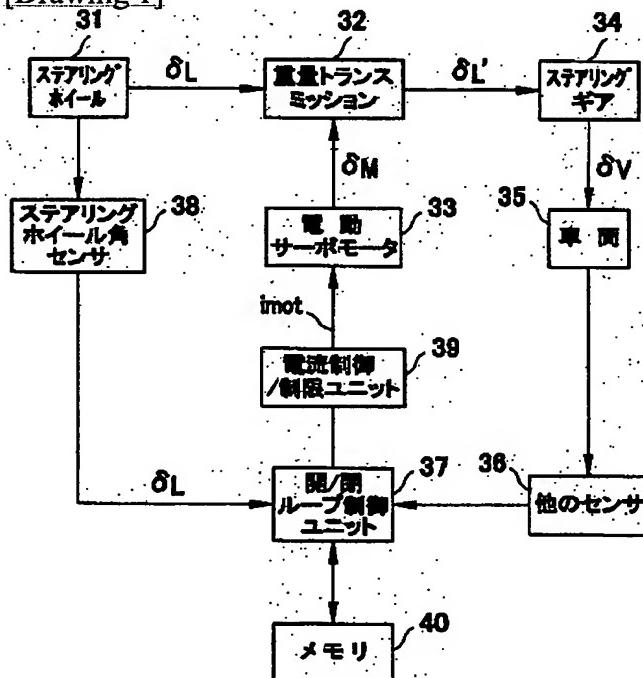
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPD are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

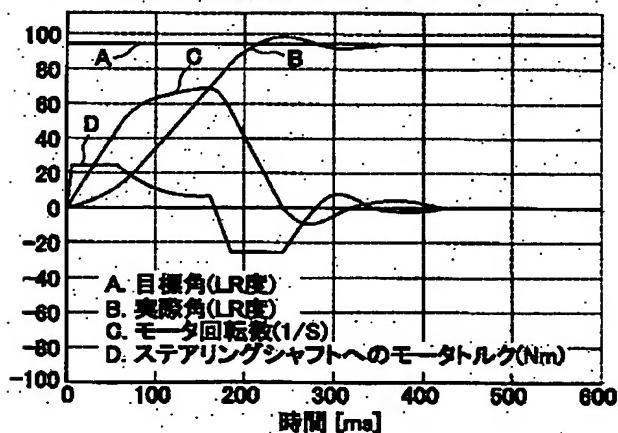
## DRAWINGS

## [Drawing 1]

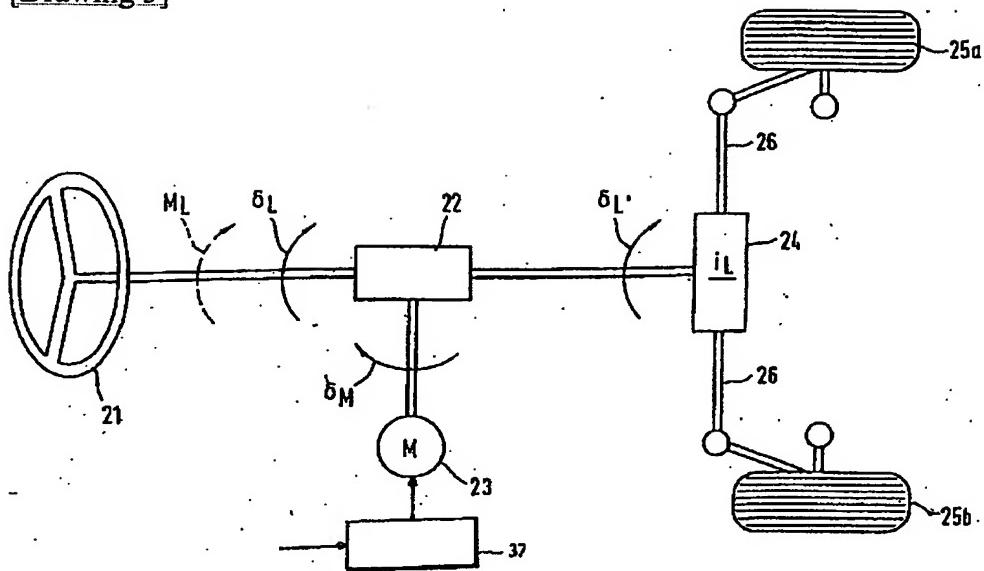


## [Drawing 2]

モータトルク制限を有するシミュレーション

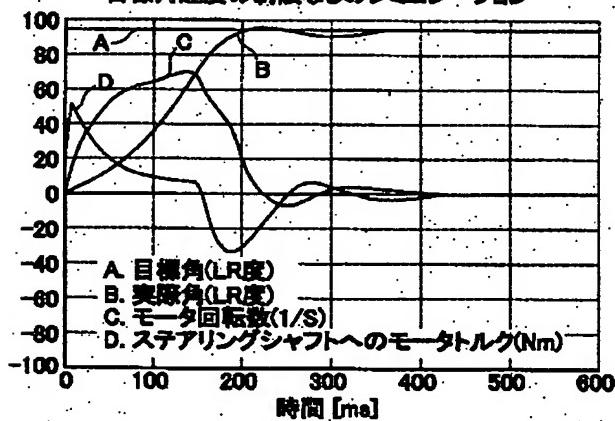


[Drawing 3]



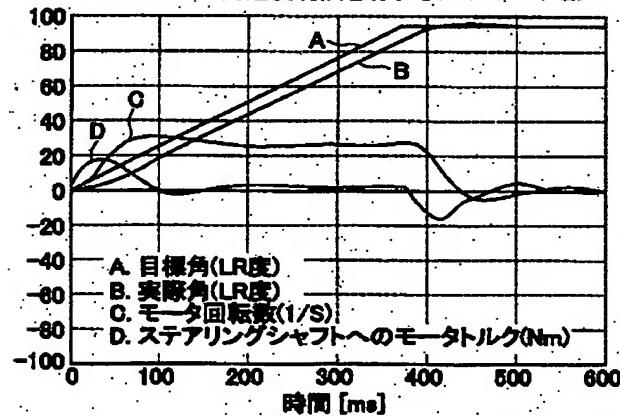
[Drawing 4]

目標角速度の制限なしのシミュレーション



[Drawing 5]

4.35 rad/sの角速度制限を有するシミュレーション



---

[Translation done.]

Rec'd PC/PCTO 10 JAN 2005

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-229579

(P2000-229579A)

(43) 公開日 平成12年8月22日 (2000.8.22)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
B 6 2 D 6/00  
// B 6 2 D 113:00

識別記号

F I  
B 6 2 D 6/00

マークコード\*(参考)

(21) 出願番号 特願2000-32582(P2000-32582)  
(22) 出願日 平成12年2月10日(2000.2.10)  
(31) 優先権主張番号 19905433.9  
(32) 優先日 平成11年2月10日(1999.2.10)  
(33) 優先権主張国 ドイツ(DE)

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(71) 出願人 390023711  
ローベルト ポツシュ ゲゼルシャフト  
ミット ベシユレンクテル ハフツング  
ROBERT BOSCH GESELL  
SCHAFT MIT BESCHRAN  
KTER HAFTUNG  
ドイツ連邦共和国 シュツットガルト  
(番地なし)  
(72) 発明者 カイ ヴェーバー  
ドイツ連邦共和国 71287 ヴァイスザッ  
ハ、 メリケシュトラッセ 20  
(74) 代理人 100095957  
弁理士 亀谷 美明 (外3名)

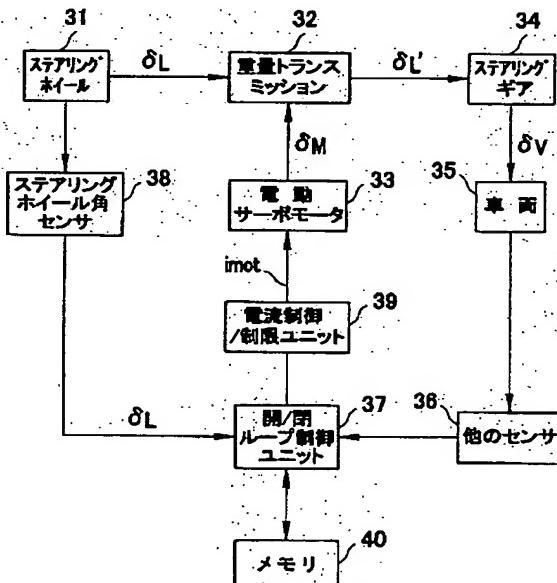
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アクティブ操舵システムを有する車両の操舵反力の低減方法及びそのためのアクティブ操舵シス  
テム

(57) 【要約】

【課題】 重畠トランスマッショントラブルを有するアクティブ操舵システムにおいて、モータの高い操作速度を維持した状態で、電動サーボモータが発生するトルクに起因する操舵反力を回避あるいは許容限度まで低減させる。

【解決手段】 重畠トランスマッショントラブルを有するアクティブ操舵システムにおいて、第1の認識工程で付加操舵角の目標値に飛躍が発生したか否かを認識し、付加操舵角の目標値に飛躍が発生したことが第1の認識工程で認識された場合に、第2の認識工程で走行動力学的に危険な状況が存在するか否かを認識し、第2の認識工程の結果に応じて電動サーボモータから重畠トランスマッショントラブルに伝達される操作トルク強度を、走行動力学的に危険でない状況では操作トルクを低減させ、走行動力学的に危険な状況では増大させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 運転者がステアリングホイールに設定するステアリングホイール角に対し、電動サーボモータの駆動により重畳トランスマッションが付加操舵角を重畳するアクティブ操舵システムを有する車両において、前記付加操舵角の目標値に飛躍が発生したか否かを認識する第1の認識工程と、前記付加操舵角の目標値に飛躍が発生したことが前記第1の認識工程で認識された場合に、走行動力学的に危険な状況が存在するか否かを認識する第2の認識工程と、前記電動サーボモータから前記重畳トランスマッションに伝達される操作トルク強度を、前記第2の認識工程の結果に応じて、前記走行動力学的に危険でない状況では低減させ、前記走行動力学的に危険な状況では増大させるように制御する制御工程と、を有することを特徴とする車両の操舵反力の低減方法。

【請求項2】 前記電動サーボモータの前記トルク制御は、前記電動サーボモータに供給されるモータ電流強度を制限することにより実行されることを特徴とする請求項1に記載の車両の操舵反力の低減方法。

【請求項3】 前記第2の認識工程は、複数の異なる走行動力学的に危険な状況を識別する識別工程を有し、前記制御工程は、前記識別工程で識別された走行状況の危険性に応じて前記モータ電流強度を累進的に増大させることを特徴とする請求項1に記載の車両の操舵反力の低減方法。

【請求項4】 運転者が調整するステアリングホイール角に対し、車両状況あるいは周囲状況により定められるパラメータに従って、電動サーボモータ及び重畳トランスマッションが付加操舵角を重畳する開ループ制御／閉ループ制御ユニットを有するアクティブ操舵システムであって、前記開ループ制御／閉ループ制御ユニットは、電流制御／制限ユニットを有し、前記電流制御／制限ユニットは、車両内センサ及び／又は車両内の他の制御装置から供給される信号により前記開ループ制御／閉ループ制御ユニットが算出した走行状況の危険性に応じて、前記電動サーボモータに供給するモータ電流強度を可変制限することを特徴とするアクティブ操舵システム。

【請求項5】 前記開ループ制御／閉ループ制御ユニットは、前記付加操舵角の前記目標値に飛躍が発生したか否かを認識し、かつ前記付加操舵角の前記目標値に飛躍が発生したことを認識した場合に走行動力学的に危険な状況が存在するか否かを認識する手段を有し、前記手段は、車両モデル及び／又は周囲モデルを有することを特徴とする請求項4に記載のアクティブ操舵システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、アクティブ操舵システムを有する車両のステアリングホイール反力の低減方法及びそのためのアクティブ操舵システムに関し、さ

らに詳細には、運転者がステアリングホイールに設定するステアリングホイール角に対し、電動サーボモータの駆動により重畳トランスマッションが付加操舵角を重畳するアクティブ操舵システムを有する車両の操舵反力の低減方法、及び、そのためのアクティブ操舵システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来におけるアクティブ操舵システムは、ドイツ公開公報第DE-O S 4 0 3 1 3 1 6号から既知であり、添付図面の図3に概略的に示す。かかるアクティブ操舵システムでは、運転者がステアリングホイール21を介して調整するステアリングホイール角 $\delta L$ が、重畳トランスマッション22の入力に印加される。さらに、走行状況と周囲状況に関する信号に基づいて、開ループ制御／閉ループ制御ユニット37が付加操舵角 $\delta M$ を算出し、電動サーボモータ23に対して相応する駆動電流を供給する。

【0003】付加操舵角 $\delta M$ は、重畳トランスマッション22の他の入力に印加される。重畳トランスマッション22の出力側には、操舵車輪25a, 25bに対する重畳操舵角 $\delta L'$ が発生するので、この重畳操舵角は、ステアリングホイールで調整されるステアリングホイール角 $\delta L$ とは無関係に変化させることができる。

【0004】ステアリングギアボックス24では、重畳操舵角 $\delta L'$ を相応するステアリングシャフト26の運動に変換する。図示の装置によれば、走行動力学、走行安全性及び車両特性を改良する種々の機能を実現することができる。しかしながら、サーボステアリングなどのパワーアシスト機能は、上記方法により達成することができない。即ち、運転者が設定するステアリングホイール角 $\delta L$ は変化されず、ステアリングホイールはその位置に維持される。

【0005】重畳トランスマッション22では、固定の回転トルク比あるいはパワー比を伴って、自由な回転数あるいは速度が機械的出力に対して加算される。かかる電動サーボモータから出力されるトルクは、ステアリングホイール21を支持することにより、ステアリングギアボックス24の方向に伝達されなければならない。

【0006】かかるトルクが、ステアリングホイール21で全く支持されない場合あるいは一部しか支持されない場合には、車輪25a, 25bが回動せずにステアリングホイール21が回動を開始する。従って、電動サーボモータ23の介入中は、運転者はステアリングホイール21から手を離すことができない。

【0007】運転者が支持するステアリングホイール21に対して反力を与えるモータトルクは、電動サーボモータ23の加速度あるいは現存の質量慣性に従う。支持されるトルクは、所定以上の大きさになると運転者に感知され、運転者は車両走行に違和感を覚える。従来の操舵システムでは極めて良好であった運転者の操舵感覚

を、重畠トランスマッショントラブルを有する電子操舵システムを使用することで悪化させてはならない。

【0008】したがって、走行動力学的に危険な走行状況を補正するために、電子操舵システムが作動する場合には、必要な付加操舵角 $\delta M$ を短時間で発生させが必要である。かかる理由により、付加操舵角を発生させる電動サーボモータを、急速に高回転数で回転させなければならない。このモータ回転数 $n_{\text{mot}}$ は、モータトルク $m_{\text{mot}}$ の時間積分と質量慣性 $J$ により重み付けされ、以下の式により算出される。

【0009】

【数1】

$$n_{\text{mot}} = \frac{1}{2\pi * J} * \int_0^t m_{\text{mot}} dt$$

【0010】上式では、電動サーボモータ23が急速に高い回転数に到達するために、与えられた慣性質量 $J$ で高いトルクを発生しなければならないことが示される。このように、高いモータトルクによりモータを急加速することが可能となるが、この高いモータトルクは上記操舵反力を発生して運転者の走行感覚に対して悪影響を与えるので、特に必要としない状況では、このような高いモータトルクの発生を回避しなければならない。しかしながら、その一方で、必要時に高いトルクが得られるように、モータ寸法を設計しなければならない。

【0011】次に、付加操舵角 $\delta M$ の飛躍に対するモータの応答特性を図4に基づいて説明する。図4は、制御入力の飛躍（即ち、付加操舵角 $\delta M$ の飛躍）に対するモータの応答特性を表すシミュレーション結果を示すグラフ図である。なお、図示のシミュレーション結果は、PD制御する閉ループ制御回路に基づくものである。

【0012】図4において、符号Aは、制御入力（即ち目標角）の時間的推移を示す（LR度）。符号Bは、実際角の時間的推移を示す（LR度）。符号Cは、モータ回転数の時間的推移を示す（1/s）。符号Dは、ステアリングシャフトに作用するモータトルクの時間推移を示す（Nm）。

【0013】図4に示すように、電動サーボモータの実際角（曲線B）は、約200ms後に、曲線Aに示す目標値に到達する。このとき、曲線Cに示すように、モータは最大回転数に到達する。一方、電動サーボモータがステアリングシャフトにもたらすトルクは、曲線Dに示すように、50Nmよりも高いピーク値に達する。この高いトルクピークは、運転者に明確に感知され車両走行中に違和感を覚える。

【0014】次に、図5に基づいて、従来における一般的な目標角速度の勾配制限方法を説明する。図5は、目標角速度を4.35rad/sに勾配制限した制御入力飛躍に対するモータの応答特性を示すグラフ図である。

【0015】図5に示すように、目標角速度の勾配を制限することにより、制御入力「付加操舵角 $\delta M$ の目標値」は、ランプ形状に上昇する。このように、目標角速度の勾配を制限することにより、図4と比較して、モータトルクが大幅に低減されることがわかる（曲線D）。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の目標角速度の勾配を制限する方法では、図5に示すように、モータは最大回転数には到達せずに（曲線C）、目標値に到達するまでに約400msを要する（曲線B）。このように、従来の方法では、モータにより迅速に目標値に到達できないという問題がある。

【0017】したがって、本発明の課題は、重畠トランスマッショントラブルを有するアクティブ操舵システムにおいて、電動サーボモータが発生するトルクに起因する操舵反力を回避あるいは許容限度まで低減させる一方、モータの高い操作速度を維持することが可能な新規かつ改良された車両の操舵反力の低減方法及びそのためのアクティブ操舵システムを提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、請求項1に記載の発明のように、運転者がステアリングホイールに設定するステアリングホイール角に対し、電動サーボモータの駆動により重畠トランスマッショントラブルを有する車両において、前記付加操舵角の目標値に飛躍が発生したか否かを認識する第1の認識工程と、前記付加操舵角の目標値に飛躍が発生したことが前記第1の認識工程で認識された場合に、走行動力学的に危険な状況が存在するか否かを認識する第2の認識工程と、前記電動サーボモータから前記重畠トランスマッショントラブルを伝達される操作トルク強度を、前記第2の認識工程の結果に応じて、前記走行動力学的に危険でない状況では低減させ、前記走行動力学的に危険な状況では増大させるように制御する制御工程と、を有することを特徴とする車両の操舵反力の低減方法が提供される。

【0019】本項記載の発明では、走行動力学的に危険でない状況では、電動サーボモータは極端に急加速せずに介入するので、運転者が感知しない程度までモータトルクを低減することができる。一方、危険な状況においては、必要となるモータの高い操作速度を維持した状態で、運転者が感知しない程度まで電動サーボモータの発生トルクを制限することができる。このように、ステアリングシャフトに伝達されるトルクを、状況に応じて可変に制限することができる。この結果、運転者は、良好な車両走行感覚で、車両走行の安全性も確保することができる。

【0020】また、請求項2に記載の発明のように、前記電動サーボモータの前記トルク制御は、電動サーボモータに供給されるモータ電流強度を制限することにより

実行される如く構成すれば、モータ電流強度に比例して発生するトルクを、モータ電流の強さを予め設定された値に制限するので、電動サーボモータが必要なトルクを越えないことが保証される。

【0021】また、請求項3に記載の発明のように、前記第2の認識工程は、複数の異なる走行動力学的に危険な状況を識別する識別工程を有し、前記制御工程は、前記識別工程で識別された走行状況の危険性に比例してモータ電流強度を累進的に増大させる如く構成すれば、例えばハンドルをとられた場合、あるいは左右車輪が異なる摩擦値で制動される場合(ムースブリット制動)などの走行状況の危険性がより高い場合には、危険性に応じて累進的に高いトルクを発生させることができるので、車両走行の安全性をより一層確保することができる。

【0022】また、上記課題を解決するために、請求項4に記載の発明のように、運転者が調整するステアリングホイール角に対し、車両状況あるいは周囲状況により定められるパラメータに従って、電動サーボモータ及び重畠トランスミッションが付加操舵角を重畠する開ループ制御／閉ループ制御ユニットを有するアクティブ操舵システムであって、前記開ループ制御／閉ループ制御ユニットは、電流制御／制限ユニットを有し、前記電流制御／制限ユニットは、車両内センサ及び／又は車両内の他の制御装置から供給される信号により前記開ループ制御／閉ループ制御ユニットが算出した走行状況の危険性に応じて、前記電動サーボモータに供給するモータ電流強度を可変制限することを特徴とするアクティブ操舵システムが提供される。

【0023】本項記載の発明では、走行動力学的に危険でない状況では、電動サーボモータは極端に急加速せずに介入するので、運転者が感知しない程度までモータトルクを低減することができる。一方、危険な状況においては、必要となるモータの高い操作速度を維持した状態で、運転者が感知しない程度まで電動サーボモータの発生トルクを制限することができる。このように、ステアリングシャフトに伝達されるトルクを、状況に応じて可変に制限することができる。この結果、運転者は、良好な車両走行感覚で、車両走行の安全性も確保することができる。

【0024】また、請求項5に記載の発明のように、前記開ループ制御／閉ループ制御ユニットは、前記付加操舵角の前記目標値に飛躍が発生したか否かを認識し、かつ前記付加操舵角の前記目標値に飛躍が発生したことを認識した場合に走行動力学的に危険な状況が存在するか否かを認識する手段を有し、前記手段は、車両モデル及び／又は周囲モデルを有する如く構成すれば、特に、第2の認識工程を実行する際に、車両モデル及び／又は周囲モデルを使用して実行することができる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態

について、添付図面を参照しながら詳細に説明する。尚、以下の説明及び添付図面において、同一の機能及び構成を有する構成要素については、同一符号を付すことにより、重複説明を省略する。

【0026】(第1の実施の形態)以下、図1を参照しながら、第1の実施の形態について説明する。図1は、本実施形態にかかるアクティブ操舵システムの機能ブロック回路図である。

【0027】図1に示すように、車両35のステアリングホイール31で設定され、ステアリングホイールシャフト(図示せず)を介して重畠トランスミッション32の入力側に作用するステアリングホイール角 $\delta s$ は、ステアリングホイールシャフトに接続されるステアリングホイール角センサ38により検出され、開ループ制御／閉ループ制御ユニット37の入力側に供給される。重畠トランスミッション32の出力側には、重畠された操舵角 $\delta S$ が outputされ、ステアリングギアボックス34に供給される。

【0028】車両内に設置される他のセンサ36は、ステアリングギアボックス34が発生する前車輪の実際操舵角 $\delta V$ 、走行速度あるいは他の車両状況と周囲状況を検出し、同様に、開ループ制御／閉ループ制御ユニット37の入力に供給する。

【0029】この開ループ制御／閉ループ制御ユニット37は、電動サーボモータ33に供給されるモータ電流強度 $i_m$ を(特に走行状況の危険性に応じて)可変に制御する電流制御／制限ユニット39を有する。この走行状況の危険性は、開ループ制御／閉ループ制御ユニット37が供給する信号及び必要に応じてメモリ40に格納される車両モデル及び／又は周囲モデルを使用して算出される。したがって、開ループ制御／閉ループ制御ユニット37は、制御入力が飛躍的な場合に電動サーボモータにより伝達される車両の操舵反力を低減する手段を有する。

【0030】開ループ制御／閉ループ制御ユニット37が有する上記手段は、まず、付加操舵角 $\delta M$ の目標値あるいは制御入力の飛躍が発生したか否かを認識する第1の認識工程を実行する。次いで、第2の認識工程で、第1の認識工程の結果として付加操舵角の目標値の飛躍が発生したことが認識された場合に、走行動力学的に危険な状況が存在するか否かを認識する。

【0031】開ループ制御／閉ループ制御ユニット37は、電流制御／制限ユニット39に信号を供給し、かかる信号により走行状況に応じた制限が実行される。電動サーボモータ33から重畠トランスミッション32に伝達される操作トルク強度は、第2の認識工程の結果に応じて、走行動力学的に危険のない状況では低減し、走行動力学的に危険な状況で増大させるように制御する。

【0032】開ループ制御／閉ループ制御ユニット37に付設されているメモリ40には、第2の認識工程を実

行する際に使用される車両モデル及び／又は周囲モデルを格納することができる。

【0033】上記のように、モータトルク  $m_{m.t}$  の制御は、電動サーボモータに供給される電流強度を制御することにより実行する。なお、このとき、開ループ制御／閉ループ制御ユニット37は、複数の異なる走行動力学的に危険な状況を識別し、走行状況の危険性に応じてモータ電流強度を累進的に増大するように形成するのが好ましい。

【0034】本実施形態にかかる方法により、走行動力学的に危険のない状況では、電動サーボモータが介入する際のモータトルクは、運転者に感知されない程度まで低減される。これは、重畳トランスマッショントラブルアクティブ操舵システムは、走行動力学的に危険のない状況においては、モータを極端に急加速する必要がないので、低減したモータトルクでも十分に対応できる。

【0035】一方、走行動力学的に危険な状況においては、より高いモータトルクが許容される。許容されるモータトルクは、状況の危険性の増大に伴って累進的に上昇する。例えばハンドルをとられた場合、あるいは左右車輪が異なる摩擦値で制動される場合（ $\mu$ -スプリット制動）などの危険な状況では、必要なモータの高い操作速度を維持した状態で、電動サーボモータが発生するトルクが運転者に感知されないように制限される。

【0036】電動サーボモータが発生するトルク  $m_{m.t}$  は、次式に示すようにモータ電流強度  $i_{m.t}$  に比例する。

$$m_{m.t} = k \cdot i_{m.t}$$

なお、 $k$  は定数である。

【0037】上式から明らかなように、モータ電流強度を予め設定された値に制限することにより、電動サーボモータが必要なトルクを越えないことが保証される。モータ電流の制限は、例えば可変の目標値制限を有する電流制御／制限ユニットなどの好適な手段により実現することができる。

【0038】次に、図2に基づいて、モータの応答特性について説明する。図2は、従来技術で示した図4及び図5と同様に、本実施形態にかかる制御入力の飛躍に対するモータ応答特性を示す。

【0039】図2において、曲線Aは、目標角の時間的推移を示す（LR度）。曲線Bは、実際角の時間的推移を示す（LR度）。曲線Cは、モータ回転数の時間的推移を示す（1/s）。曲線Dは、ステアリングシャフトに伝達されるモータトルクの時間的推移を示す（Nm）。

【0040】図2に示すように、左右のモータトルクは、各々25Nmに制限される（曲線D）。このステアリングシャフトに伝達されるトルク及びそれに伴う操舵反力は、従来の電動サーボモータの操舵反力（図4中の曲線D）と比較して、略半分程度まで低減される。

【0041】さらに、モータの実際角（曲線B）は、略220ms後には、目標値（曲線A）に到達する。この電動サーボモータが目標値に到達するまでの到達時間は、目標角速度を制限しない電動サーボモータの場合

10 （図4中の曲線B）と比較して、略同一程度に速い。一方、従来の目標角速度を4.35rad/sまでに制限した場合の到達時間（図5中曲線B）と比較して、略半分程度まで短縮される。

【0042】以上、本発明に係る好適な実施の形態について説明したが、本発明はかかる構成に限定されない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された技術思想の範囲内において、各種の修正例及び変更例を想定し得るものであり、それらの修正例及び変更例についても本発明の技術範囲に包含されるものと了解される。

【0043】

【発明の効果】走行動力学的に危険でない状況では、極端に急加速せずに電動サーボモータが介入するので、運転者に感知されない程度までモータトルクを低減することができる。このように、ステアリングシャフトに伝達されるトルクを、状況に応じて可変に制限することができる。この結果、運転者は、良好な車両走行感覚を得た状態で、車両走行の安全性を確保することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態にかかるアクティブ操舵システムの機能プロック回路である。

【図2】電動サーボモータのトルク制限した電動サーボモータの制御入力飛躍に対する応答特性を示すグラフ図である。

【図3】従来のアクティブ操舵システムのプロック回路図である。

【図4】従来の勾配制限しない電動サーボモータの制御入力飛躍に対する応答特性を示すグラフ図である。

【図5】従来の勾配制限した電動サーボモータの制御入力飛躍に対する応答特性を示すグラフ図である。

40 【符号の説明】

31 ステアリングホイール

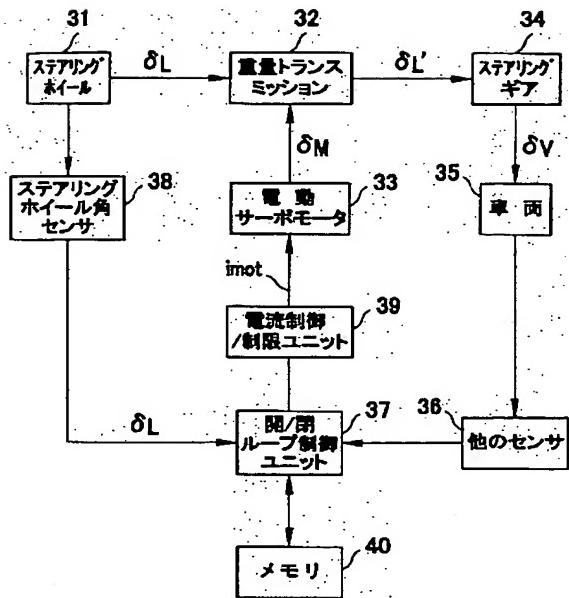
32 重畳トランスマッショーン

33 電動サーボモータ

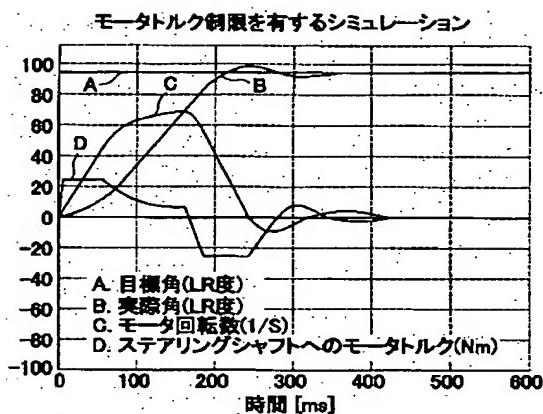
$\delta L$  ステアリングホイール角

$\delta M$  付加操舵角

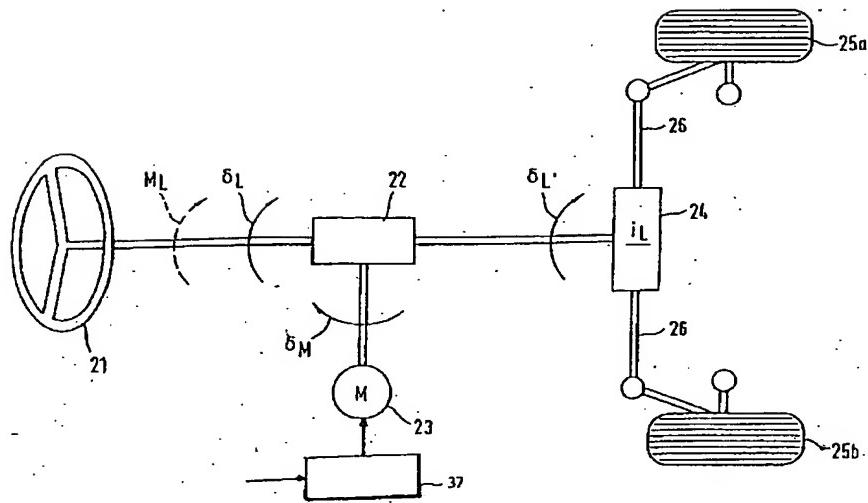
【図1】



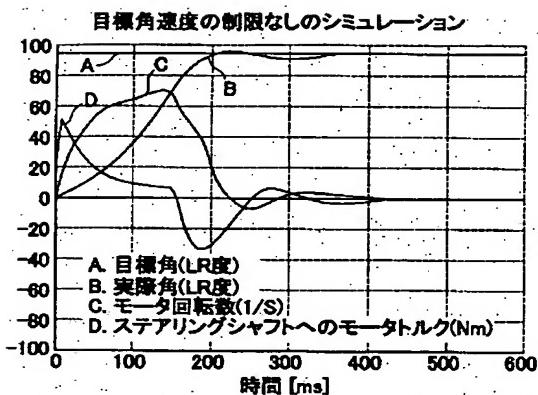
【図2】



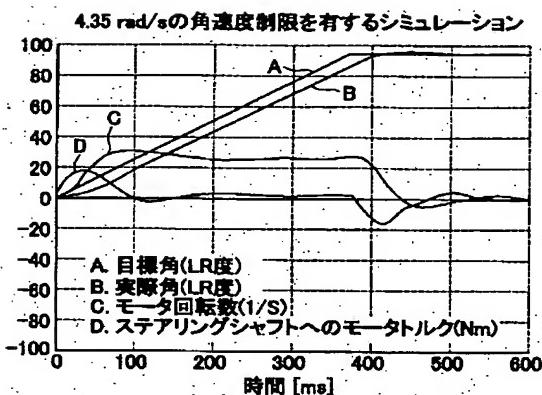
【図3】



【図4】



【図5】




---

フロントページの続き

(72)発明者 ライナー ミュンツ  
ドイツ連邦共和国 71254 ディッティンゲ  
ン、オブストヴィーゼンヴェーク 9